

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

MENU

SEARCH

INDEX

DETAIL

JAPANESE

1 / 1

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2001-235690

(43) Date of publication of application : 31.08.2001

(51) Int. Cl.

G02B 26/08

(21) Application number : 2000-044413 (71) Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

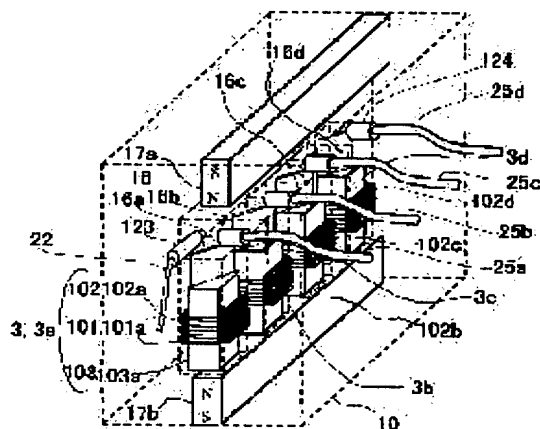
(22) Date of filing : 22.02.2000 (72) Inventor : KOBAYASHI HIROSHI  
FUJITA ATSUSHI  
YAMADA KOICHI  
SUEHIRO YOSHIYUKI

## (54) OPTICAL SWITCH

## (57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate the need for sufficiently parting the distances of respective moving bodies in order to suppress the crosstalks of magnetic fields of electromagnets corresponding to the moving bodies in order to constitute a multichannel switch and to obviate the difficulty in downsizing.

SOLUTION: As an initial state all drive sections 3 are positioned in a negative direction of a y-axis and when an output optical path is formed of an optical fiber 25c, prescribed current is passed to a coil 102c to drive and latch the drive section 3c in the forward direction of the y-axis. At this time, the optical fiber 22 which is the input optical path and the optical fiber 25c is optically coupled and the light past a distributed refractive index fiber 123 from the optical fiber 22 is reflected by a reflection mirror 16c existing on its optical axis and arrives at the optical fiber 25c by passing a distributed refractive index fiber 124c.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

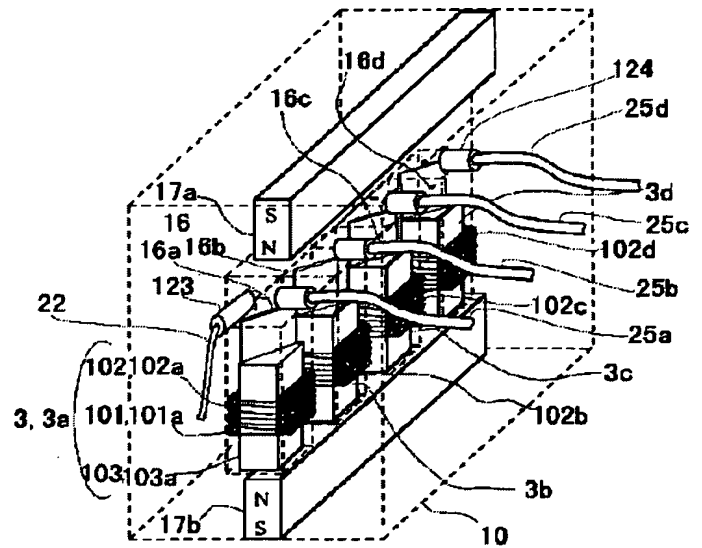
[Patent number]

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# Patent Abstracts of Japan

TITLE : OPTICAL SWITCH



**SOLUTION:** As an initial state all drive sections 3 are positioned in a negative direction of a y-axis and when an output optical path is formed of an optical fiber 25c, prescribed current is passed to a coil 102c to drive and latch the drive section 3c in the forward direction of the y-axis. At this time, the optical fiber 22 which is the input optical path and the optical fiber 25c is optically coupled and the light past a distributed refractive index fiber 123 from the optical fiber 22 is reflected by a reflection mirror 16c existing on its optical axis and arrives at the optical fiber 25c by passing a distributed refractive index fiber 124c.

**BEST AVAILABLE COPY**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(43)公開日 平成13年8月31日(2001.8.31)

テ-マ-ト\* (参考)  
E 2H041

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全 11 頁)

(71)出願人 000006013  
三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 小林 浩  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 藤田 淳  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(74)代理人 100102439  
弁理士 宮田 金雄 (外1名)

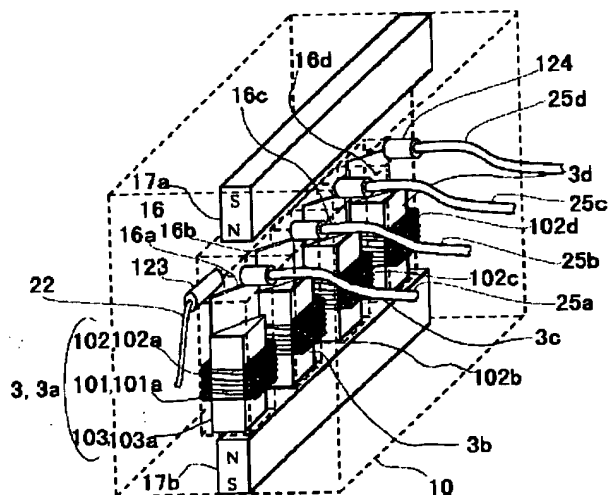
**最終頁に続く**

(54) 【発明の名称】 光スイッチ

(57) 【要約】

【課題】 多チャンネルスイッチを構成するために移動体に対応する電磁石の磁界のクロストークを抑えるため、各々の移動体の距離を十分に離す必要があり、小型化が困難となる問題点があった。

【解決手段】 初期状態として、全ての駆動部3はy軸の負の方向に位置し、出力光路を光ファイバ25cとするときに、コイル102cに所定の電流を流して、y軸の正方向に駆動部3cを駆動し、ラッチする。この時、入力光路である光ファイバ22と光ファイバ25cとが光路的に結ばれ、光ファイバ22から屈折率分布ファイバ123を通った光は、その光軸上にある反射鏡16cで反射されて、屈折率分布ファイバ124cを通過して、光ファイバ25cに至る。



**BEST AVAILABLE COPY**

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光路変更素子と該光路変更素子を固定する支持体と該支持体に固定された磁性体から成って移動可能に配置された駆動部と、上記駆動部の磁性体の磁化を変化させる磁化変化手段と、

上記駆動部を挟んだ2個1組で固定された磁石とを具備して、

上記磁化変化手段によって上記光路変更素子を移動することを特徴とする光スイッチ。

【請求項2】 上記駆動部が、上記磁性体を取り巻くコイルを有して、上記磁化変化手段として、上記コイルに電流を流すことによって上記光路変更素子を移動することを特徴とする請求項1に記載の光スイッチ。

【請求項3】 上記磁石の間に、上記駆動部を複数具備する事を特徴とする請求項2に記載の光スイッチ。

【請求項4】 上記磁性体が、上記磁石の磁力によって上記駆動部の可動端で固定するように配置されたことを特徴とする請求項2または請求項3に記載の光スイッチ。

【請求項5】 上記駆動部を可動端で位置決めするストッパを具備することを特徴とする請求項1、2、3又は4に記載の光スイッチ。

【請求項6】 上記磁石が上記駆動部を挟んで、同極を上記駆動部に向けている2個1組で固定された磁石であることを特徴とする請求項1に記載の光スイッチ。

【請求項7】 上記磁石が上記駆動部を挟んで、異極を上記駆動部に向けている2個1組で固定された磁石であり、上記支持体が片持ち梁または両持ち梁で、該支持体の自由端に上記光路変更素子固定することを特徴とする請求項1、2、3、4又は5に記載の光スイッチ。

【請求項8】 上記支持体が撓まない場合に光路を変更する梁であることを特徴とする請求項7に記載の光スイッチ。

【請求項9】 上記支持体の支持箇所を共通にして、上記駆動部を櫛状に複数配列し、該駆動部を出力チャンネル数と入力チャンネル数との積の個数有することを特徴とする請求項7に記載の光スイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、特に光通信分野において、光ファイバ伝送路や光送受信端末装置を切り換える光スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】近年の高度情報化・マルチメディア化に対応して、損失低減を実現し大容量の情報の伝達可能な光通信の要求が高まっている。このような光通信のネットワークでは、通常、その信頼性の向上を図るべく、故障時における回線切換えや加入者間の回線切換えが行われる。従来では、かかる回線切換え手段として、小型且つ高速処理可能で、信頼性の高い光スイッチが広く利

用され、更に活発な開発が進められている。

【0003】図18は、特開昭58-194001号公報に示された従来の光スイッチを示し、図18(a)上記光スイッチの正面図、図18(b)は側面図である。図において、10は支持台、11と12は支持台10に固定されたガイド、13はガイド11とガイド12との軸方向に摺動して移動可能である貫通穴を有したブロック状の移動体、16はガイド11とガイド12との軸方向と45度の傾きで移動体13の固定された反射鏡、17は移動体13に固定されてガイド11とガイド12との軸方向に両極性を有する永久磁石、18と19は支持台11の外側でガイド11とガイド12との軸方向に配置された電磁石、20と21は支持台10の内側でガイド11とガイド12の両端近傍位置して移動体13の端面が衝合するストッパ、22は反射鏡16の一方側でレンズ23を介して光軸上に設けられた光ファイバ、25と27は反射鏡16の他方側でレンズ24とレンズ26を介して光軸上に設けられた光ファイバである。

【0004】次に、動作について説明する。図の状態では、永久磁石17が電磁石18のコアに対して吸引するようになっており、ガイド11とガイド12に支持され、ストッパ20に衝合することにより、移動体13は停止位置が定まっている。次に図示しない電源スイッチを介して永久磁石と対向する電磁石18の磁極をN極、電磁石19の磁極をS極となるように励磁すると、移動体13は図示状態から磁力の反発吸引作用でガイド11とガイド12に沿って移動し、支持台10の他方のストッパ21と衝合して停止する。この状態で電磁石18と電磁石19への通電を断つと、永久磁石17の磁力が電磁石19のコアを吸引するように作用し、その方向へ移動体を付勢するので、移動体の停止位置が定まる。

【0005】このような移動体13の移動により、光ファイバ22からの光信号はレンズ23によってビームとなり、反射鏡16によって光路を変更されたビームがレンズ24、光ファイバ25へ伝送されていたのが、レンズ26から光ファイバ27への光路へと切り替えられる。電磁石18と電磁石19への励磁を上記と逆に行うと、移動体13は元に戻って光ファイバ25への光路が確保される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の光スイッチは移動体13に加わる力の向きを変えるのに、外部に取り付けた電磁石18、19に通電する電流の向きを変えていた。しかし、外部の一对の電磁石18と電磁石19は、少なくとも移動体13の移動距離に相当する分だけ隙間を開ける必要があるため、電磁石18、19が作る磁界は広範囲に広がる。このことは多チャンネルスイッチを構成するためにスイッチ内に複数の移動体を配した場合、各々の移動体13を独立に動かすためには、移動体13に対応する電磁石18、19の磁界のクロストーク



を抑える必要がある。そのため、各々の移動体13の距離を十分に離す必要があり、小型化が困難となる問題点があった。この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、多チャンネル光スイッチの小型化を目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明に係る光スイッチにおいては、光路変更素子と該光路変更素子を固定する支持体と該支持体に固定された磁性体から成って移動可能に配置された駆動部と、上記駆動部の磁性体の磁化を変化させる磁化変化手段と、上記駆動部を挟んだ2個1組で固定された磁石とを具備して、上記磁化変化手段によって上記光路変更素子を移動するものである。

【0008】また、上記駆動部が、上記磁性体を取り巻くコイルを有して、上記磁化変化手段として、上記コイルに電流を流すことによって上記光路変更素子を移動するものである。

【0009】さらに、上記磁石の間に、上記駆動部を複数具備するものである。

【0010】また、上記磁性体が、上記磁石の磁力によって上記駆動部の可動端で固定するように配置されたものである。

【0011】さらにまた、上記駆動部を可動端で位置決めするストッパーを具備するものである。

【0012】また、上記磁石が上記駆動部を挟んで、同極を上記駆動部に向けている2個1組で固定された磁石であるものである。

【0013】さらに、上記磁石が上記駆動部を挟んで、異極を上記駆動部に向けている2個1組で固定された磁石であり、上記支持体が片持ち梁または両持ち梁で、該支持体の自由端に上記光路変更素子固定するものである。

【0014】また、上記支持体が撓まない場合に光路を変更する梁であるものである。

【0015】さらにまた、上記支持体の支持箇所を共通にして、上記駆動部を櫛状に複数配列し、該駆動部を出力チャンネル数と入力チャンネル数との積の個数有するものである。

【0016】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1はこの発明を実施するための実施の形態1による入力1チャンネル、出力4チャンネル（以後1×4と記す）の多チャンネルの光スイッチを説明するための透視斜視図である。図において、10は光スイッチ全体の支持台、101は例えばパーマロイやMn-Zn-フェライトなどの軟磁性体、103は軟磁性体101を支持する支持体、16は支持体103に固定された光路変更素子である反射鏡、102は電流源およびコイル選択回路（両方とも図示せず）に接続されており、軟磁性体101の外側を螺旋状に周回して軟磁性体101との相対位置を保って軟磁性

体101あるいは支持体103に固定されているコイル、3は支持体103と軟磁性体101とコイル102とから構成されてy軸方向に駆動する駆動部、17aと17bは駆動部3と挟んで同極を駆動体に向けた1組となっている永久磁石である。尚、16と101～103において、添え字のa～dはチャンネル各々を特定したものである。

【0017】22と25は支持台10に固定されて入出力光を導く光ファイバである。但し25において、添え字のa～dはチャンネル各々を特定したものである。123と124は光を各々光ファイバ22と25に導くレンズ作用をする屈折率分布ファイバである。

【0018】図2は、駆動部3と光の入出力端の関係がわかりやすいように永久磁石17aを除いた上面図である。図3は駆動状態を表す断面図であり、図3(a)は、選択された状態の駆動部、図3(b)は選択されていない状態の駆動部を示している。図中、11は駆動部3をy軸方向に案内するガイドである。

【0019】次に動作について説明する。最初に、本発明で用いている磁気力について概念的に述べる。図4は、永久磁石17aと永久磁石17bとに対する軟磁性体101の相対位置によって、軟磁性体101の磁化の向きが変わることを示している。図中、N、Sは永久磁石17aと永久磁石17bとの磁極の極性を示し、一点破線は、永久磁石17aと永久磁石17bとの等磁力線であり、永久磁石17aと永久磁石17bとの磁力が等しい場合は、等磁力線は等距離線となる。また、x軸y軸は図に示す方向である。図4(a)は等磁力線より上に軟磁性体101があった場合であり、図4(b)は等磁力線より上に軟磁性体101があった場合でその逆である。

【0020】まず、駆動部3の2つの状態の保持に関する磁気力について述べる。図4では、等磁力線よりy軸方向の正の位置ではy軸方向の磁界H<sub>y</sub>は負であり、等磁力線よりy軸方向の負の位置では磁界H<sub>y</sub>が正となる。そのため、図4(a)では軟磁性体101に印加される磁界H<sub>y</sub>は負となり、軟磁性体101に誘導される磁化の向きは、負の方向となる。つまり、最短の距離にある永久磁石17aのN極と軟磁性体101のS極に引力が働くため、軟磁性体101全体として永久磁石17aに近づく方向に力が加わる。そのため、軟磁性体101に加わるy軸方向の力は正（上向き）となる。軟磁性体101が更に正方向上に移動できないように、例えば図3(a)のごとく反射鏡16が永久磁石17aに接触すれば、その位置を保持できる。図4では、位置を保持する力（以下「ラッチ力」と称す。）は磁気力以外に駆動部3に働く重力があり、図4(a)では、磁気力から重力を引いた値がラッチ力となる。移動を停める手段は前記に限らず、ストッパを設けるなど設計上色々な方法が考えられる。図4(b)では、駆動部3が支持台10

に接した所で保持される。ここでは、ラッチ力は磁気力に駆動部3に働く重力を加えたものとなる。

【0021】上記のように、二つの状態間の移動は、軟磁性体101の磁化している方向と逆向きに磁界が生じるように、コイル102に電流を流すことで実現できる。図5に図4(a)(b)に対応した電流の向きと軟磁性体101の磁化の向きを示す。基本的には電流磁界によって図4の状態にあった軟磁性体101の磁化の向きを図5のごとく反転させ、軟磁性体101と永久磁石17の間に反力を生じさせることによって移動を行わせる。但し場合によっては、軟磁性体101の磁化の向きを反転させる必要が無い場合がある。例えば、y軸の負の方向が重力方向の場合は、図4(a)から図4(b)の状態へ移るためには、上向きの磁気力が重力より弱ければよい。この状態は電流磁界により軟磁性体101に誘導されている磁化の強さが弱くなっただけで実現される。従って、コイルに電流を流す必要があるのは、ラッチ状態を変更するために、駆動部3を駆動させるときだけである。

【0022】次に光スイッチとしての動作について説明する。まず初期状態として図1の如く、全ての駆動部3はy軸の負の方向に位置し、出力光路を光ファイバ25cとするとときに、磁性体101の磁化を変化させる磁化変化手段としてのコイル102cに所定の電流を流して、y軸の正方向に駆動部3cを駆動し、ラッチする。この時、入力光路である光ファイバ22と光ファイバ25cとが光路的に結ばれることになる。即ち、光ファイバ22から屈折率分布ファイバ123を通った光は、その光軸上にある反射鏡16cで反射されて、屈折率分布ファイバ124cを通して、光ファイバ25cに至る。

【0023】次に、出力ファイバ25を切り替える場合、例えば切り替え先が光ファイバ25aとする場合は、コイル102aに所定の電流を流し、y軸の正方向に駆動部3aを動かしてラッチする。そして、コイル102cに所定の電流を流して、y軸の負の方向に駆動部3cを駆動させて、ラッチする。ここで、切り替え先のファイバに対応する駆動部3aを先に動かす方が、信号切断時間は短くなるので望ましいが、これに限定する必要は無く、同時あるいは、切り替え元のファイバに対応する駆動部を先に動かしてもよい。

【0024】上記実施形態では、永久磁石17aと駆動部3と永久磁石17bが一直線上に並んでいるが、永久磁石17a、17bが作るy方向の磁界の向きが、2つのラッチ位置で逆になれば良いのであって、この配置に限定されるものではない。例えば、永久磁石17a、17bをガイド11から同方向にずらした配置である図6(a)や、ガイド11から異なる方向にずらした図6(b)に示したような配置方法が考えられる。尚、上記実施形態1では、パーマロイなどの軟磁性体を用いているが、保磁力がある程度大きなCoなどの強磁性体であ

っても上記実施形態と同様な動作は可能であり、軟磁性体に限定されるものではない。

【0025】また、上記実施形態1では、駆動体の移動方向が上下であったが、水平移動、回転移動など別の動きであっても良い。さらに、上記実施形態では、入力光路から出力光路に至る光路上で反射鏡を用いて光軸の方向を変えたが、光軸の方向を変えるものであれば反射鏡に限定されるものではない。例えば三角プリズムなど光の透過を用いて光軸の方向を変えてもよい。また、上記実施形態では、駆動体の移動方向がy軸方向であったが、水平移動、回転移動など別の動きであっても良い。さらにまた、上記実施形態では強磁性体の磁化の向きを変えるのに、その強磁性体に周回するコイルに電流を流すことによって行っているが、他の方法であっても良い。一例として、磁気力が無くなると駆動体が磁石間の等磁力線に戻るような例えば梁で駆動体が支持されている構成をあげる。動作としては、選択した駆動体の強磁性膜に例えばレーザーを当てることにより加熱し、キューリー点以上まで昇温させて、磁化を失わせ、ラッチをはずす。磁石間の等磁力線まではキューリー点以上に保ち、ラッチが外れた反動で駆動体が等磁力線を越えた時にキューリー点以下にして磁化を回復させると反対側にラッチできる。ここでは、レーザーが磁性体の磁化を変化させる磁化変化手段に相当する。

【0026】実施の形態2、図7、8、9は、この発明を実施するための実施の形態2による多チャンネルの光スイッチを説明するための図であり、より具体的にはホトリソグラフィ技術などを用いた所謂マイクロマシニング技術を用いて作成された入力1チャンネル、出力4チャンネルのマイクロ光スイッチの、可動部と永久磁石の概略の斜視図、全体の下面図(但し永久磁石を図示せず)、側面断面図である。図において、図1～5と同一の符号を付したものは、同一またはこれに相当するものである。また、図10以降についても同様である。

【0027】図において、203は例えば単結晶Siなどを用いて、機能的には実施の形態1における支持体103に相当する片持ち梁である。そして、軟磁性体101とコイル102は、片持ち梁203上に形成されており、軟磁性体101とコイル102を形成後、4本の梁と反射鏡を成す反射部材を例えばSiの異方性ウェットエッチングやICPなどのドライエッチングなどの方法で一括して形成する。反射鏡は、反射部材に例えばアルミなどの高反射膜を選択的に成膜することで形成する。

【0028】図10、11に軟磁性体101とコイル102の構造体部分301の断面図と上面図を示す。コイル102は、下部コイル102aと上部コイル102bに分けて作成され、片持ち梁203上にアルミナなどの絶縁膜を形成し、Cuなどの良電性金属膜を形成してパターンニングを施す。次に、アルミナやレジストなどの絶縁体を上部が成るだけ平坦になるように形成もしくは平

坦化処理をし、その絶縁体の上にパーマロイやC<sub>60</sub>-Zr-NbのごときC<sub>60</sub>系アモルファス軟磁性膜101を形成してパターンニングを施す。更に絶縁膜を形成し、下部コイル102aと上部コイル102bのコンタクト相当部にコンタクトホールを作る。さらに下部コイル102aと同様な方法で上部コイル102bを形成し、アルミナのような保護膜を設ける。

【0029】31は片持ち梁203の支持部、32と33は各々、ガラスやセラミックなどで作成された上部カバーと下部カバーである。34はパーマロイなどの永久磁石用のヨークで、永久磁石17a、17bの磁極が梁を挟む方のみに現れるようにしている。即ち、実施形態1とは異なり、永久磁石17a、17bの対向する面が逆の磁極となるように配されている。

【0030】次に動作について説明する。実施形態1では、軟磁性体101の磁化の向きが可動体3乃至反射鏡16の移動方向(y方向)とほぼ一致していたが、本実施形態は軟磁性体101の磁化の向きが反射鏡16の移動方向とほぼ直交方向(x方向)とになっている。図12(a)および図12(b)に、各々、軟磁性体101が永久磁石17aと永久磁石17bとの等磁力線(一点破線で図示)より上にあった場合と下にあった場合の軟磁性体101における磁化の向きを示す。いずれの状態でも、近い方の永久磁石17aまたは永久磁石17bに対して引力が働くので反射鏡16をラッチできる。

【0031】また、二つのラッチ状態間の移動は、軟磁性体101の磁化している方向と逆向きに磁界が生じるように、コイル103に電流を流すことで実現できる。図13に図12(a)に対応した電流の向きと軟磁性体101の磁化の向きH2xを示す。図より、軟磁性体の磁化の方向は実施形態1と異なるにも関わらず、近い方の永久磁石17aまたは永久磁石17bに対して引力が働くので反射鏡16をラッチできる。

【0032】なお、上記例では、片持ち梁203について述べたが、両持ち梁であっても良い。また、選択された状態の位置決めを反射鏡16の下端と下部カバー33の接触で、選択されない状態の位置決めを軟磁性体1とコイル2よりなる部分301と上部カバー32の接触で行っているが、別途ストッパーを設けても良い。永久磁石17aと永久磁石17bの配置、極性などは本発明の範囲内で任意である。

【0033】実施の形態3、実施の形態2において、駆動部に加わる力は磁気力、重力、梁の撓み力であるが、実施形態2の場合、駆動部は極めて小さく軽いため、重力の影響は無視できる。駆動部の2つの状態をいずれかを維持するには、磁気力が片持ち梁203の撓み力を上回った場合である。そのため、力の設計においては、駆動部の2つの状態における撓み力の大きさが同じ、即ち動作がy軸方向で対称である方が容易である。

【0034】一方、光学設計においては、片持ち梁20

3が撓まない状態で光路変更を行う方が望ましい。なぜなら、マイクロマシニング技術を用いた場合、梁と反射鏡は直角である方が梁と反射鏡の間の角度ばらつきを小さくでき、片持ち梁203を撓ました場合、各梁の撓み方を完全に一致させるのは容易でなく、水平方向と梁先端のなす角にばらつき易いからである。

【0035】図14は、本実施の形態における光スイッチの断面である。図14(a)は光路変更を行う選択された状態であり、図14(b)は光路変更を行わない選択されていない状態である。

【0036】本実施形態の一例として実際に作成された片持ち梁方式のマイクロ光スイッチを以下に示す。片持ち梁203は単結晶Siで構成され、支持部から先端までの長さは20mm、厚みは0.05mm、幅0.2mmである。なお、梁と梁の隙間は0.05mmであり、1チャンネル当たりの幅方向にピッチは0.25mm、軟磁性膜の材質はパーマロイ(Ni-Fe合金)膜で、(x方向)長さは2mm、幅は0.1mm、膜厚は0.01mmであり、片持ち梁203の先端部分に形成されている。コイルの材質はCu膜で、幅0.005mm、厚み0.004mmである。コイル間スペースは0.005mmで、コイルピッチは0.01mmとなる。なお、上コイルと下コイルのコンタクト部の大きさは0.005×0.04平方mmである。永久磁石はSmCo系磁石であり、17a、17bは対向するように配置され、その距離は4mmである。また各々の(x方向)長さは1.7mm、厚さは1mmである。ヨークの材質はパーマロイである。

【0037】軟磁性膜の端部は、ほぼ永久磁石17a、17bの端部を結んだ線上にあり、片持ち梁203が撓まない状態における軟磁性膜と永久磁石17a、17bとの最短距離は1.9mm及び2.1mmである。

【0038】また、選択されていない片持ち梁203の撓みは、y方向の距離で0.2mmである。片持ち梁203の撓みによるy方向の変位と軟磁性体101に加わる力(磁気力と梁の撓み力との和)との関係を図15に示す。図中(a)(b)(c)は各々コイル102に0mA、50mA、-50mAの直流電流を流した場合である。図15(a)より、選択された状態(片持ち梁203の撓み無し、変位0)においては上向きの力(F<sub>y</sub>が正)、選択されない状態(変位0.2mm)においては下向きの力(F<sub>y</sub>が負)となっており、必要なラッチ力が働いていることがわかる。さらに、図15(b)(c)より、コイル102に電流を流すことにより2つの状態間を遷移させ得ることがわかる。

【0039】なお、本実施形態においては、特定の具体的材料および設計値を示しているが、本発明の範囲内において組み合わされる如何なる材質、設計値であってもなら差し支えない。

【0040】実施の形態4、図16は、この発明を実施

するための実施の形態4による多チャンネル光スイッチを説明するための図であり、より具体的には2×2チャンネルの光スイッチの、光ファイバーと反射鏡の配置を説明するスイッチ上面図である。なお、図16(a)は入力側の光路と出力側の光路が鈍角の場合を、図16(b)は入力側の光路と出力側の光路が鋭角の場合を示している。

【0041】図16より明らかなように、同一平面内に光軸を持った入力2チャンネル、出力2チャンネルの入出力の全ての組み合わせが可能である。この実施例では、2×2チャンネルであるが、入力側がmチャンネル(mは2以上の整数)、出力側がnチャンネル(nは2以上の整数)のいずれであっても良い。また、この実施例は、可動部が片持ち梁方式であるが、発明の範囲内で他の方式であってもかまわない。

【0042】実施の形態5。図17は、この発明を実施するための実施の形態5による多チャンネル光スイッチ

$$\begin{aligned} \tan(\phi_{in} + \phi_{out}) &= \tan(\phi_{in}) / (1+n) & \phi_{in} + \phi_{out} < \pi/2 \\ \tan(\phi_{in} + \phi_{out}) &= \tan(\phi_{in}) / (1-n) & \phi_{in} + \phi_{out} > \pi/2 \end{aligned} \quad (1)$$

$d_{in}$ 、 $d_{out}$ は各々以下の(2)式と(3)式より求め

$$\begin{aligned} d_{in} &= p \times (n+1) / \cos \phi_{in} \\ d_{in} &= p \times (n-1) / \cos \phi_{in} \\ d_{out} &= p \times \sin(\phi_{in} + \phi_{out}) / \sin \phi_{in} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \phi_{in} + \phi_{out} < \pi/2 \\ \phi_{in} + \phi_{out} > \pi/2 \end{aligned} \quad (2) \quad (3)$$

上記の決定方法で、片持ち梁203を等ピッチで配置したm×nチャンネルの光スイッチが構成できる。

【0046】また、この実施例では、入力側の角度より定めたが、この配置は幾何学的であるので、入力と出力を逆に取っても良い。また、梁のピッチを同じにするために異なる決定方法であっても、発明の範囲内であればかまわない。更にこの実施例では、可動体を梁としているが、発明の範囲内で別の可動体であってもかまわない。

【0047】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、光路変更素子と該光路変更素子を固定する支持体と該支持体に固定された磁性体から成って移動可能に配置された駆動部と、上記駆動部の磁性体の磁化を変化させる磁化変化手段と、上記駆動部を挟んだ2個1組で固定された磁石とを具備して、上記磁化変化手段によって上記光路変更素子を移動することによって、各々の可動体を独立して動かすことができ、磁界の干渉を抑えた小型の光スイッチを得ることができる。

【0048】また、上記駆動部が、上記磁性体を取り巻くコイルを有して、上記磁化変化手段として、上記コイルに電流を流すことによって上記光路変更素子を移動することによって、各々の可動体を独立して動かすことができ、高速なスイッチング特性を有する。

【0049】さらに、上記磁石の間に、上記駆動部を複数具備する事によって、磁気的な干渉を防ぐためにス

を説明するための図であり、より具体的には3×4チャンネルの光スイッチの、可動体と光ファイバーと反射鏡の配置を説明するスイッチ上面図である。図17より明らかなように、隣接する片持ち梁203の間隔を同じにしても3×4チャンネルの光スイッチが構成できる。

【0043】次に、図17の配置方法について述べる。図中に示すように、入力側の隣接する光軸同士の距離を $d_{in}$ 、出力側の隣接する光軸同士の距離を $d_{out}$ 、片持ち梁203に対する光軸の入力角を $\phi_{in}$ 、出力角を $\phi_{out}$ 、梁のピッチをpとし、出力チャンネル数はnとする。

【0044】まず入力角 $\phi_{in}$ を0ラジアンより大きく、( $\pi/2$ )ラジアンより小さい角度で任意に定める。次に入力側の光路と出力側の光路が成す角( $\phi_{in} + \phi_{out}$ )を次式によって定める。

【0045】

る。

$$\begin{aligned} \phi_{in} + \phi_{out} < \pi/2 \\ \phi_{in} + \phi_{out} > \pi/2 \end{aligned} \quad (2) \quad (3)$$

ッチ全体を大きくすること無く構成できるので、小型で高速のマルチチャンネル光スイッチを得られる。

【0050】また、磁性体が、磁石の磁力によって上記駆動部の可動端で固定するように配置されたことによって、ラッチ状態を変更するときのみ電流を流せばよい。

【0051】さらにまた、上記駆動部を可動端で位置決めするストッパーを具備することによって、反射鏡により光路変更を確実に行うことができる。

【0052】また、磁石が上記駆動部を挟んで、同極を上記駆動部に向けている2個1組で固定された磁石であることによって、磁気的な干渉を防ぐためにスイッチ全体を大きくすること無く構成できるので、小型で高速のマルチチャンネル光スイッチを得られる。

【0053】さらに、磁石が上記駆動部を挟んで、異極を上記駆動部に向けている2個1組で固定された磁石であり、上記支持体が片持ち梁または両持ち梁で、該支持体の自由端に上記光路変更素子固定することによって、摺動部位が無い信頼性の高い光スイッチを得られる。

【0054】また、支持体が撓まない場合に光路を変更する梁であることによって、光軸合わせが容易となり、性能ばらつきが小さくなるので、安価に光スイッチを得られる。

【0055】さらにまた、支持体の支持箇所を共通にして、上記駆動部を櫛状に複数配列し、該駆動部を出力チャンネル数と入力チャンネル数との積の個数有することによって、スイッチ全体の可動体並び方向の長さを製造

可能な隣接する可動体間の距離の $(m \times n)$ 倍程度に、光スイッチを小型化できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1を示す光スイッチの斜視図である。

【図2】 この発明の実施の形態1を示す光スイッチの上面図である。

【図3】 この発明の実施の形態1を示す光スイッチの側面断面図である。

【図4】 この発明の実施の形態1を示す光スイッチの動作を説明するための図である。

【図5】 この発明の実施の形態1を示す光スイッチの動作を説明するための図である。

【図6】 この発明の実施の形態1を示す光スイッチの変形例を説明するための図である。

【図7】 この発明の実施の形態2を示す光スイッチの斜視図である。

【図8】 この発明の実施の形態2を示す光スイッチの上面図である。

【図9】 この発明の実施の形態2を示す光スイッチの側面断面図である。

【図10】 この発明の実施の形態2を示す光スイッチの部分拡大図である。

【図11】 この発明の実施の形態2を示す光スイッチ

の部分拡大図である。

【図12】 この発明の実施の形態2を示す光スイッチの動作を説明するための図である。

【図13】 この発明の実施の形態2を示す光スイッチの動作を説明するための図である。

【図14】 この発明の実施の形態3を示す光スイッチの側面断面図である。

【図15】 この発明の実施の形態3を示す光スイッチの動作を説明するための図である。

【図16】 この発明の実施の形態4を示す光スイッチの光スイッチの上面図である。

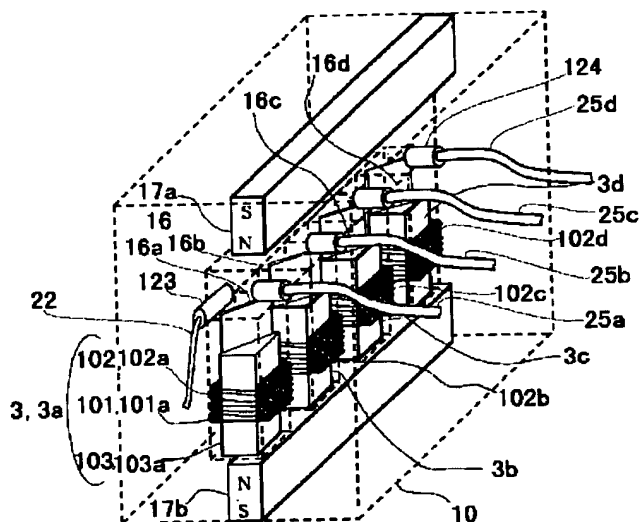
【図17】 この発明の実施の形態5を示す光スイッチの上面図である。

【図18】 従来の光スイッチを説明するための図である。

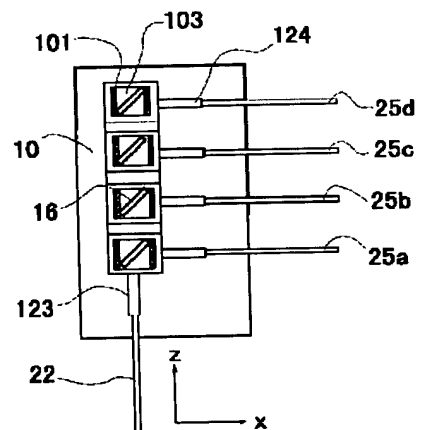
【符号の説明】

10 支持台、11、12 ガイド、13 移動体、16 反射鏡、17 永久磁石、18、19 電磁石、20、21 ストップ、22、25、27 光ファイバ、23、24、26 レンズ、31 梁の支持部、32、33 カバー、34 ヨーク、101 軟磁性体、102 コイル、103 可動移動体、123、124 屈折率分布ファイバ、203 片持ち梁、301 軟磁性体とコイルの構造体。

【図1】

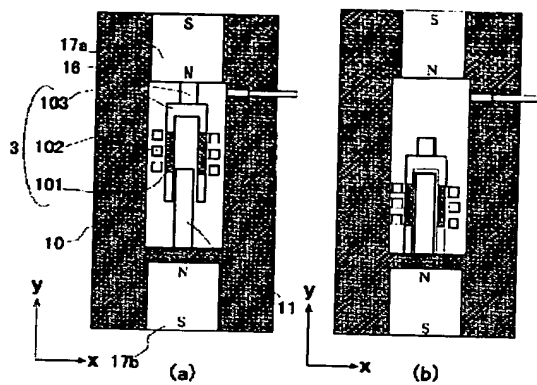


【図2】

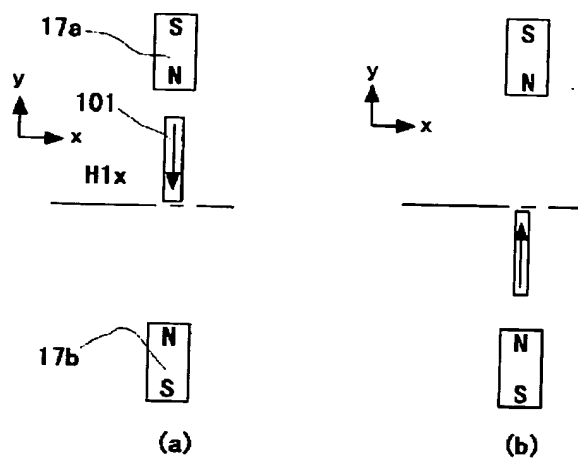


BEST AVAILABLE COPY

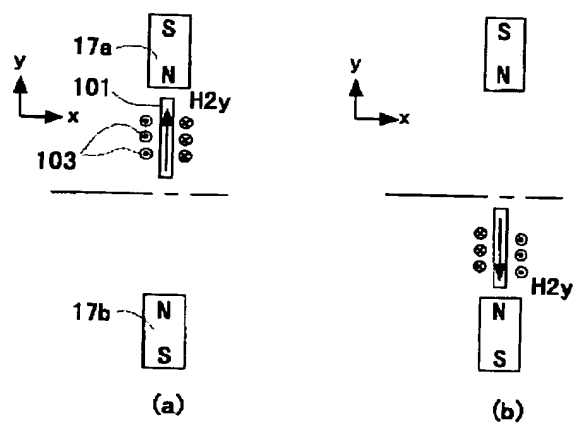
【図3】



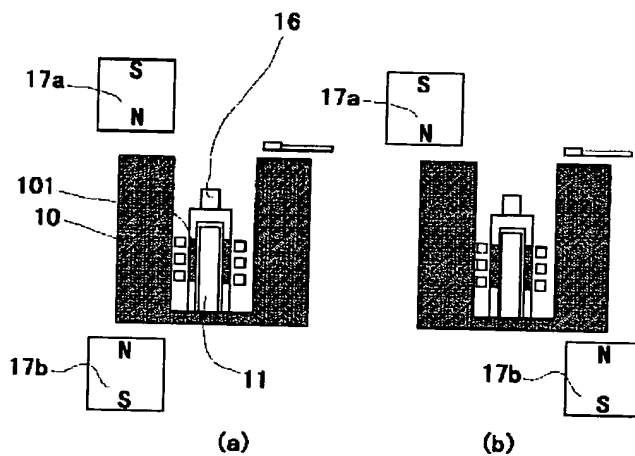
【図4】



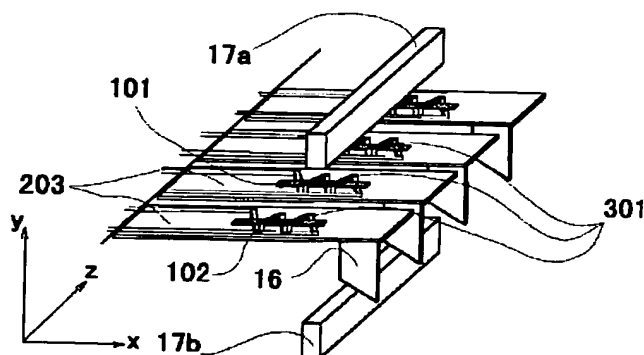
【図5】



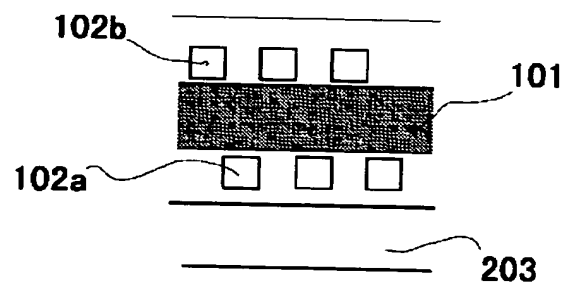
【図6】



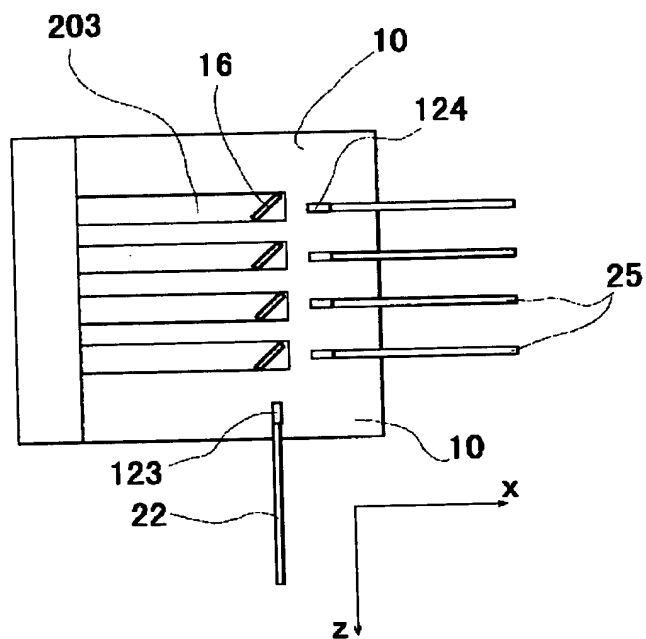
【図7】



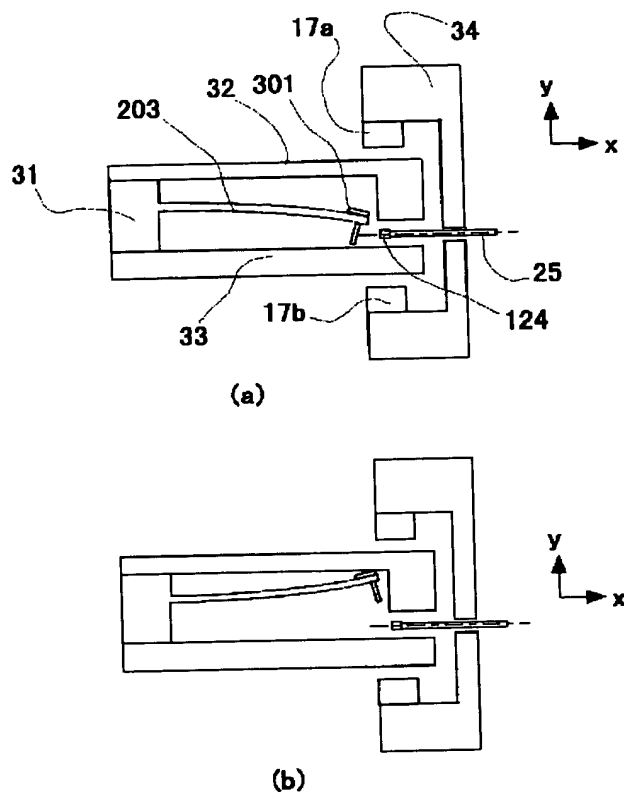
【図10】



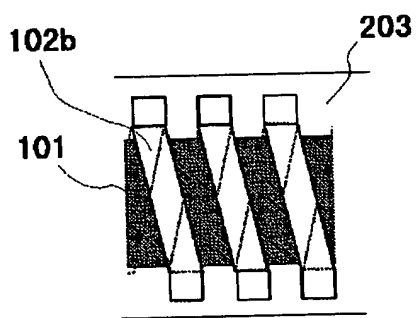
【図8】



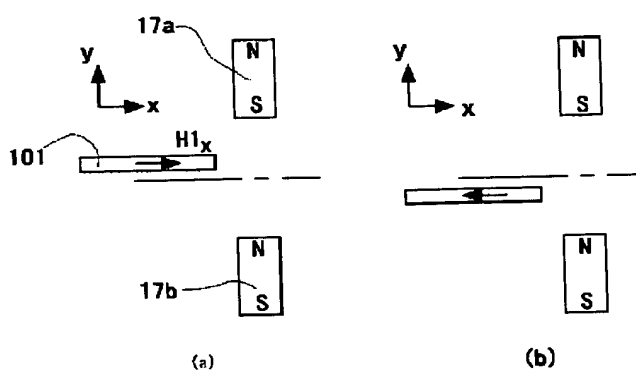
【図9】



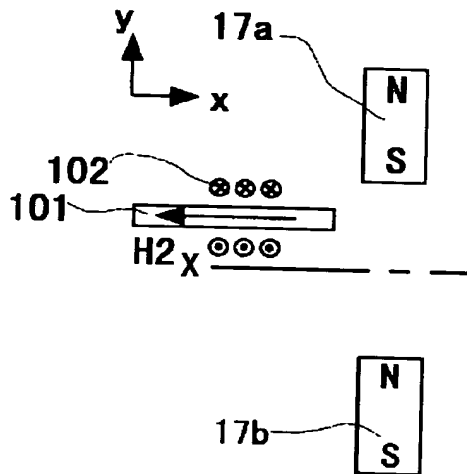
【図11】



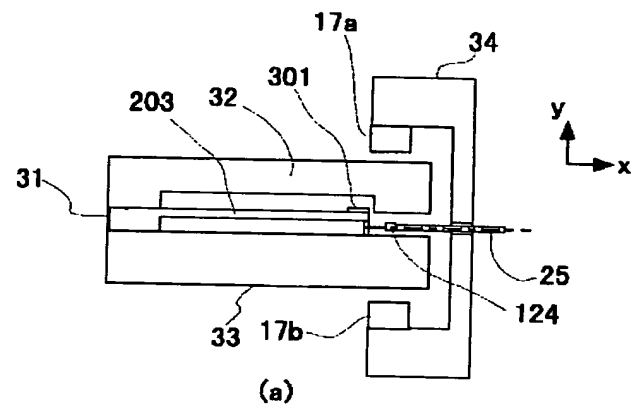
【図12】



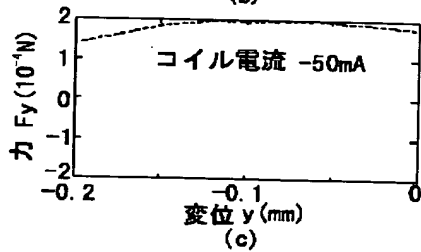
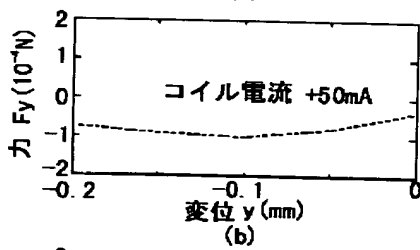
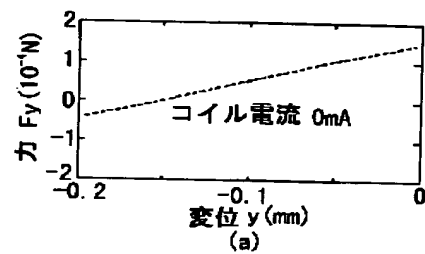
【図13】



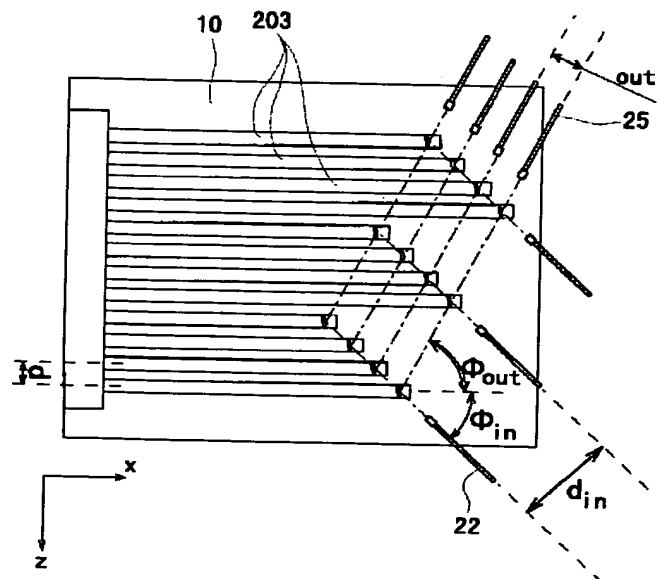
【図14】



【図15】

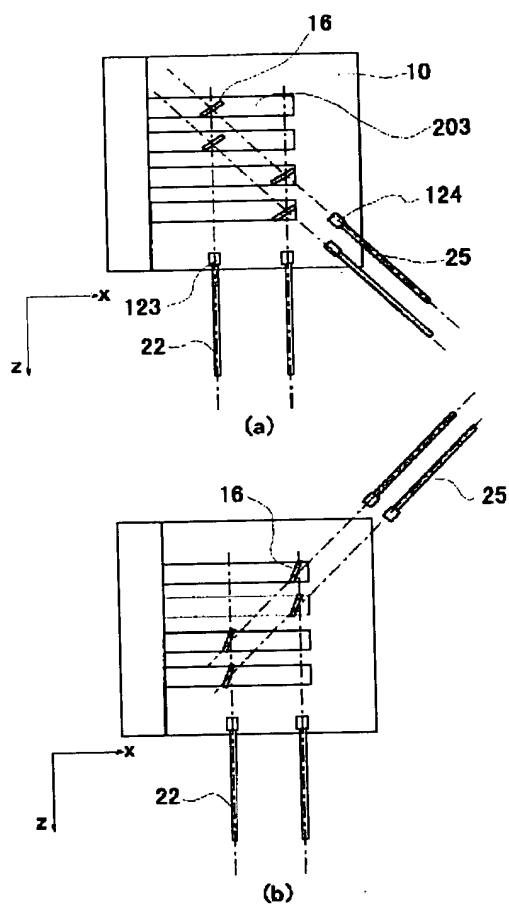


【図17】

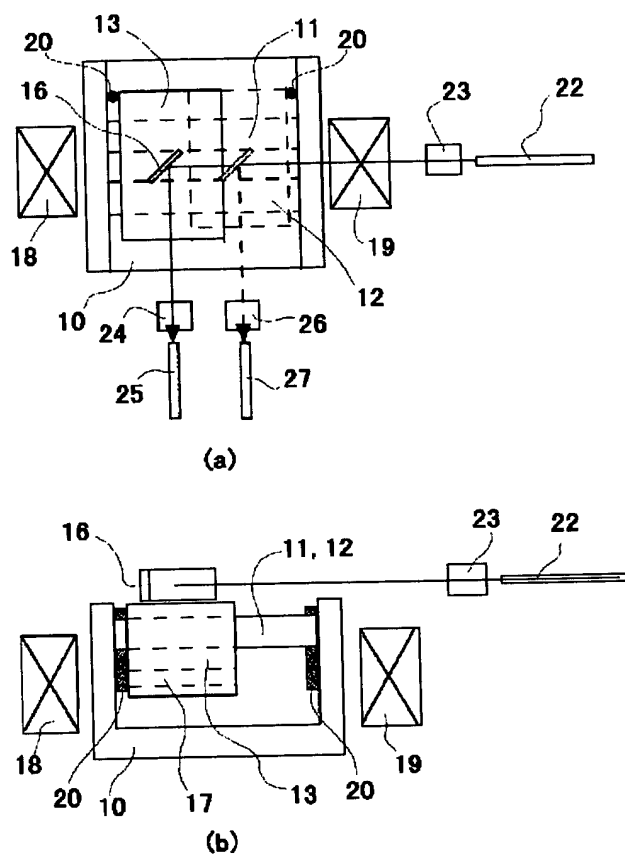




【図16】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 山田 康一  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 末廣 善幸  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
Fターム(参考) 2H041 AA14 AA15 AA16 AB13 AC05  
AZ02

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**